

10532768

PCT/JP03/14633

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

18.11.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

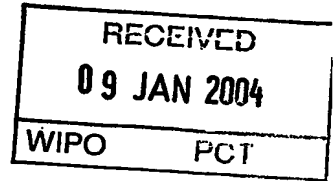
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年11月29日

出願番号  
Application Number: 特願2002-347177

[ST. 10/C]: [JP2002-347177]

出願人  
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

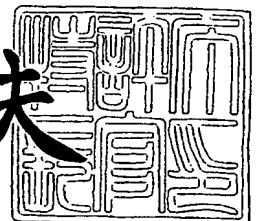


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2000040020  
【提出日】 平成14年11月29日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01J 37/317  
H01J 37/248

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 佐々木 雄一郎

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 水野 文二

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中山 一郎

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 金田 久隆

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 奥村 智洋

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマドーピング方法およびデバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマドーピング方法において、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが高い物質の分量を大にする事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 2】 ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ を、電離エネルギーが高い物質としてHeを用い、 $B_2H_6$ の濃度が0.05%未満であることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 3】 ヘリコン波プラズマ源を用いる、プラズマドーピング方法に於いて、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ を、電離エネルギーが高い物質としてHeを用い、 $B_2H_6$ の濃度が0.5%未満であることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 4】 プラズマドーピング方法に用いるプラズマにおいて、イオン電流密度が $1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以上のプラズマを使用する事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 5】 プラズマドーピング方法に用いるプラズマにおいて、電子温度が $6.0 \text{ eV}$ 以上のプラズマを使用する事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 6】 バイアス電圧を印加する時間を変化させることでドーズ量を制御する事を特徴とする請求項 2、3、4、5 に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 7】 バイアス電圧が $-60 \text{ V}$ 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 8】 プラズマドーピング方法において、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 9】 ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ 、 $BF_3$ 、 $B_{10}H_{14}$ の群から選ばれる少なくとも一つを、電離エネルギーが小さい物質としてAr、H、N、O、Kr、Xe、Cl、 $H_2$ 、NO、 $N_2$ 、 $O_2$ 、CO、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $SF_6$ 、 $Br_2$ 、 $Cl_2$ の群から選

ばれる少なくとも一つを用いる事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 10】 プラズマドーピングを行う際に、ドーピングする不純物を含む物質として  $B_2H_6$  を用い、これを希釈する He との希釈度を  $n\%$  とした際に、プラズマ発生時の圧力を  $P$  Pa として、 $B_2H_6$  の希釈度が  $n = 0.04/P$  となる関係を中心として、その上下プラスマイナス 25% の範囲でドーピングする事、即ち  $P$  に依存して、希釈度  $1.25n\%$  から  $0.75n\%$  の範囲でドーピングする事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 11】 請求項 1 から 10 に記載のプラズマドーピング方法でドーピングする工程を経た、半導体装置や液晶パネルなどの電気・電子デバイス及びコンデンサー、抵抗、コイルなどの受動電気デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はプラズマを用いて、固体などの表面近傍に物質を導入する方法、及びこの方法によって作成されたデバイスにかかわるものである。

【0002】

【従来の技術】

図 5 を参照しながら、従来の技術に関して説明する。これは SSDM 87 で発表された論文からの引用であるが (Extended Abstract of Conference on Solid State Device and Materials, p319, Tokyo, 1987. Japan Society of Applied Physics)、プラズマソースに供給するガスとして、0.05% まで He で希釈した  $B_2H_6$  を使用している。

【0003】

反応チェンバー 10 にシリコンウエーハ 20 を導入し、ベース真空度  $5 \times 10^{-7}$  Torr ( $6.7 \times 10^{-5}$  Pa) まで真空にした後、He をベースとして、0.05% に希釈した  $B_2H_6$  ガス 30 を導入、真空度  $5 \times 10^{-4}$  Torr (0.067 Pa) の状態で、ECR プラズマソース 40 に電源を通じて高周波を導入し、プラズマ 45 を発生させ、次いでウエーハを載置しているウエーハサセプター 50 に RF 電源 60 から高周波を供給して、前記発生したプラズマ 45 と、シリコンウエーハ 20 間に一定の電圧、引

用例に拠れば700Vを発生させ、プラズマ中の正に帯電したイオン70と電子80の内、正イオン70を引き込み、ウエーハ表面近傍にドーピングを行う。この場合は $B_2H_6$ 中のB原子がシリコン中で正の電荷（正孔）を供給する源になり、これをドーパントと呼ぶ。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

引用例に於いて、 $B_2H_6$ をHeで希釈する目的は、人体に対して、極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高め様とする試みであるが、 $B_2H_6$ の分圧が低下するに従って、プラズマ中に於けるBを含むイオンの密度が低下し、ドーピング効率を著しく低下させていた。

#### 【0005】

又、希釈の目的で使用したHeは原子半径が小さく、シリコンに導入しても後の熱処理で容易に外部に拡散除去する事が可能な為採用されているが、電離エネルギーが高い為、プラズマの発生や維持を行う際に、プラズマの状態が不安定になる要因となる場合があった。

#### 【0006】

さらにドーパントの注入量の制御性にも課題があった。

#### 【0007】

そこで、人体に対して極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高め、ドーピング効率を低下させることなく、安定してプラズマの発生や維持を行うことができ、さらにドーパント注入量の制御を容易に行えるプラズマドーピング方法の提供が求められていた。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

プラズマドーピング方法において、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが高い物質の分量を大にする事を特徴とするプラズマドーピング方法とする。この理由は、イオン電流密度と電子温度が大きいプラズマを用いたプラズマドーピングが可能となるからである。具体的には、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ ガスを、電離エネルギーが高い物質としてHeを用い、 $B_2H_6$

の濃度が0.05 %未満であることを特徴とするプラズマドーピング方法とする。上記の配合により、ある一定の圧力において $B_2H_6$ を含むプラズマとしてより大きなイオン電流密度と電子温度のプラズマを得ることができる。つまり、 $B_2H_6$ の濃度が低くなるに従ってイオン電流密度と電子温度は大きくなるが、 $B_2H_6$ の濃度が0.05 %未満ではほぼ飽和に達するので望ましい。

#### 【0 0 0 9】

プラズマドーピング方法において、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる事を特徴とするプラズマドーピング方法とする。この理由は、電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させずにドーピングする不純物を含む物質を放電させた場合よりも、ドーピングする不純物を含むプラズマの発生時にプラズマの状態が安定するからである。さらに、電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させなかった場合よりも低い圧力でドーピングする不純物を含む物質を放電させてプラズマドーピングすることが可能となり、デポジションが起き難いプラズマドーピングが可能となるからである。具体的には、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ と $BF_3$ 、 $B_{10}H_{14}$ の少なくとも一つを、電離エネルギーが小さい物質としてAr, H, N, O, Kr, Xe, Cl,  $H_2$ , NO,  $N_2$ ,  $O_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $SF_6$ ,  $Br_2$ ,  $Cl_2$ の群から選ばれる少なくとも一つを用いる事を特徴とするプラズマドーピング方法とする。

#### 【0 0 1 0】

ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ ガスを、電離エネルギーが高い物質としてHeを用い、 $B_2H_6$ の濃度が0.05 %未満であることを特徴とするプラズマに対し、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる方法を用いて発生させると、0.9 Pa程度の圧力でイオン電流密度が $1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以上で電子温度が6.0 eV以上のプラズマを安定して得ることができる。このようなプラズマを用いてバイアス電圧を印加する時間を変化させることでドーズ量を制御する事を特徴とするプラズマドーピング方法とするのが望ましい。この理由は、バイアス電圧の絶対値が小さい場合でも工業的に要求されるよう

なスループットを確保しながら容易にドーズ量の制御ができ、さらにデポジションが起き難くなるからである。

#### 【0011】

また、プラズマ発生時の圧力を変えて行う場合に同様の効果を得るためには、プラズマドーピングを行う際に、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ を用い、これを希釈するHeとの希釈度を $n\%$ とした際に、プラズマ発生時の圧力を $P\text{ Pa}$ として、 $B_2H_6$ の希釈度が $n = 0.04/P$ となる関係を中心として、その上下プラスマイナス25%の範囲でドーピングする事、即ち $P$ に依存して、希釈度 $1.25n\%$ から $0.75n\%$ の範囲でドーピングする事を特徴とするプラズマドーピング方法とすることが望ましい。

#### 【0012】

(作用)

人体に対して極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高めることができる。また、ある一定の圧力においてドーピングする不純物を含むプラズマとしてより大きなイオン電流密度と電子温度のプラズマを得ることができる。さらに、プラズマの発生時にプラズマの状態を安定させることができる。又、電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させなかった場合よりも低い圧力で、ドーピングする不純物を含む物質を放電させてプラズマドーピングすることが可能となり、デポジションが起き難いプラズマドーピングが可能となる。バイアス電圧の絶対値が小さい場合でも工業的に要求されるようなスループットを確保しながら容易にドーズ量制御ができる不純物ドーピング方法を提供できる。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施例を以下で説明する。

#### 【0014】

先ず、図1により、本発明に用いた装置の説明をする。

#### 【0015】

装置はプラズマを発生させるための高周波電源101と放電の調整を行うマッ



チングボックス 102 を介して、コイル及びアンテナ 103 から高周波が供給される。必要なガスはマスフローコントローラ 104 及び 105 を介して供給される。反応チェンバー 115 内の真空度は前記マスフローコントローラ 104 及び 105、ターボ分子ポンプ 106、コンダクタンスポンプ 107、ドライポンプ 108 によって制御される。反応チェンバー 115 に対しては、RFもしくはDC電源 110 から、マッティングボックス 111 を介して電力が供給される。反応チェンバー 115 内に設置した、被処理体 113 はサセプタ 114 に載置され、前記電力が供給される。

#### 【0016】

(圧力)

B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が0.625 %、Heガス濃度が99.375 %の混合ガスを用いてヘリコン波プラズマを発生させる実験を行った。ヘリコン波のソースパワーを1500 Wとし、圧力を変化させてB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とHeの混合プラズマが得られる圧力範囲を調べた。圧力が2.25 Pa以上のときに放電が可能であり、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とHeの混合プラズマを得ることができた。一方、それ以下の圧力では放電を起こすことができなかった。

#### 【0017】

次に、プロセスチャンバー内にArガスを導入してソースパワーを印加し、放電させてArプラズマを発生させた後、Heガスを導入すると同時にArガスの供給を止めてHeプラズマを発生させ、その後、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスを導入してHeとB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の混合プラズマを発生させる実験を行った。実験は圧力を変化させて行い、HeとB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の混合プラズマが得られる圧力範囲を調べた。圧力が0.8 Pa以上のときに安定して放電が可能であった。

#### 【0018】

同様に、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が0.025 %、Heガス濃度が99.975 %の混合ガスを用いてヘリコン波のソースパワーを1500 Wとして実験を行った。装置の関係上2.6 Pa以上の圧力では実験していないが、圧力が2.6 Pa以下のときには放電を起こすことはできなかった。これに対してプロセスチャンバー内にArガスを導入してソースパワーを印加して放電させてArプラズマを発生させた後、Heガスを導入すると同時にArガスの供給を止めてHeプラズマを発生させ、その後、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスを導入して

HeとB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の混合プラズマを発生させる実験を行った。この場合には圧力が0.8 Pa以上のときに安定して放電が可能であった。

#### 【0019】

上記のように、ドーピングする不純物を含む物質としてB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスを用い、電離エネルギーが小さい物質としてArガスを用いて、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる事で、電離エネルギーが小さい物質を先行して放電させなかった場合よりも低い圧力でHeとB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の混合プラズマを発生させることができた。

#### 【0020】

(イオン電流密度)

図2はB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスとHeガスの混合比を変えてヘリコン波プラズマを発生させたときのイオン電流密度の変化である。圧力は0.9 Paで行った。B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度を低下させていくと、イオン電流密度はB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が1 %以下のときに階段状に大きくなった。B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が5 %と2.6 %のときのイオン電流密度は1.1 mA/cm<sup>2</sup>未満であるのに対して、0.29 %と0.025 %のときは1.1 mA/cm<sup>2</sup>以上であることが了解できる。

#### 【0021】

(電子温度)

図3はB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスとHeガスの混合比を変えたときの電子温度の変化である。条件は前節と同じである。B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度の低下に従って電子温度は上昇した。そしてB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が0.025 %でほぼ飽和した。電子温度は、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が0.29 %以上では6.0 eV未満であるのに対して、0.025 %では6.0 eV以上であることが了解できる。

#### 【0022】

(ドーパ量の制御性)

B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス濃度が0.025 %、0.29 %のB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とHeの混合プラズマを用いてn-Si(100)ウエーハにプラズマドーピングを行った。バイアス電圧は-60 V、圧力は0.8 Paとした。プラズマドーピング後、1100℃で3分間のアニール処理を行った。その

後、四探針法でシート抵抗を測定した。また $B_2H_6$ ガス濃度0.025 %で作成した試料は、プラズマドーピング後のボロンのドーズ量をSIMSで測定した。

### 【0023】

図4はバイアス電圧印加時間とシート抵抗の関係である。 $B_2H_6$ ガス濃度を0.29 %としたときは、バイアス電圧印加時間を3秒、7秒、30秒と変えてもシート抵抗は約400 Ohms/squ. でほとんど変化しなかった。一方、 $B_2H_6$ ガス濃度を0.025 %としたときは、バイアス電圧印加時間を1、3、7、30秒と変えることでシート抵抗を1020、460、350、290 Ohms/squ. と変えることができた。また、プラズマドーピング後のボロンドーズ量は $2.2E14$ 、 $6.0E14$ 、 $6.5E14$ 、 $8.0E14$  atoms/cm<sup>2</sup>と可変であった。なお、ボロン濃度が $1E18$  atoms/cm<sup>3</sup>となる深さは4~6 nm以下であった。このようにバイアス電圧印加時間を変化させることで30秒以下、または15秒以下程度の時間範囲内でドーズ量を制御できることが了解できる。これにより工業的に要求されるようなスループットを確保しながら容易にドーズ量の制御ができる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

プラズマドーピング装置を示す図

#### 【図2】

イオン電流密度の $B_2H_6$ ガス濃度依存性を示す図

#### 【図3】

電子温度の $B_2H_6$ ガス濃度依存性を示す図

#### 【図4】

バイアス電圧印加時間とシート抵抗の関係を示す図

#### 【図5】

従来例のプラズマドーピング装置を示す図

### 【符号の説明】

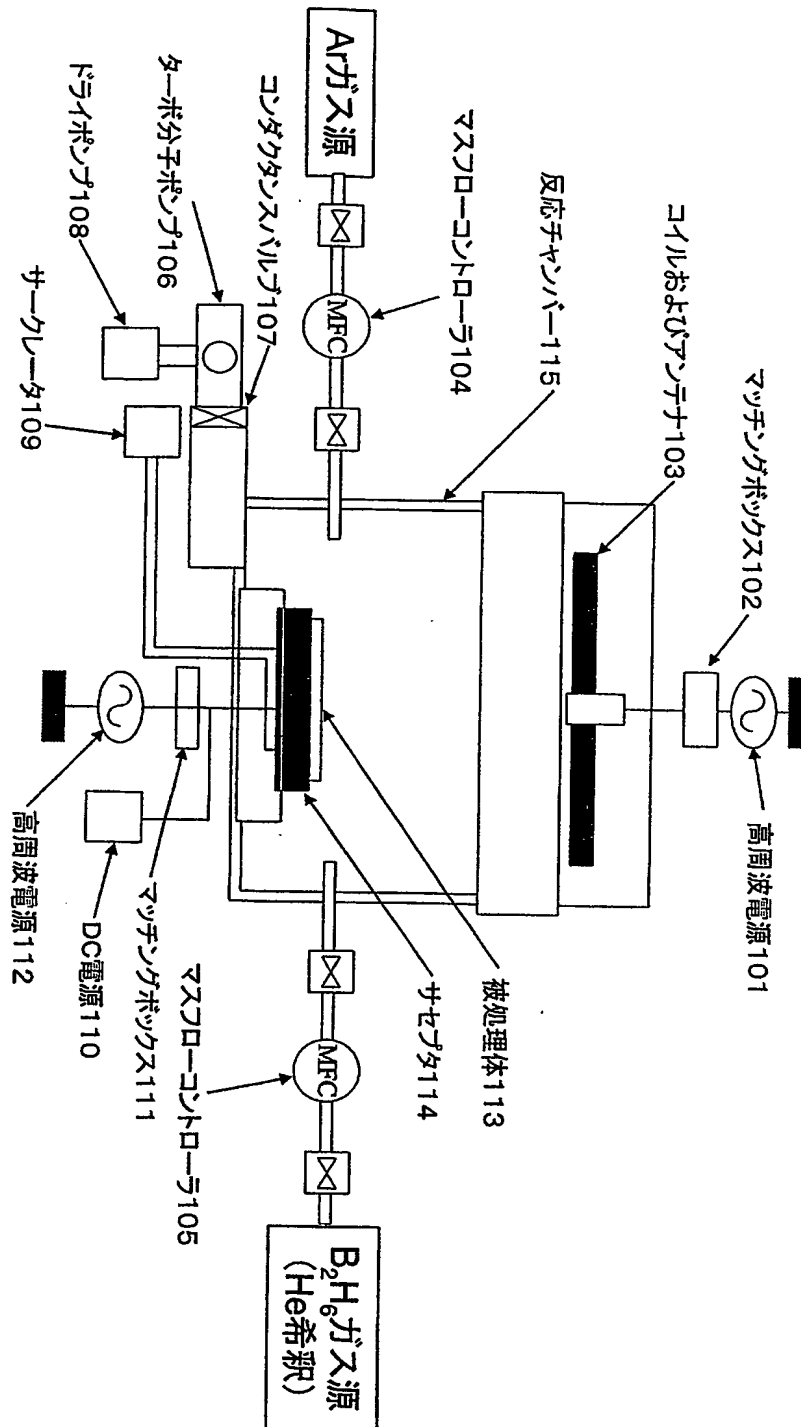
- 10 反応チェンバー
- 20 シリコウエーハ
- 30  $B_2H_6$ ガス

- 4 0 ECRプラズマソース
- 4 5 プラズマ
- 5 0 ウエーハサセプター
- 6 0 RF電源
- 1 0 1 高周波電源
- 1 0 2 マッチングボックス
- 1 0 3 コイルおよびアンテナ
- 1 0 4 マスフローコントローラ
- 1 0 5 マスフローコントローラ
- 1 0 6 ターボ分子ポンプ
- 1 0 7 コンダクタンスバルブ
- 1 0 8 ドライポンプ
- 1 0 9 サークレータ
- 1 1 0 DC電源
- 1 1 1 マッチングボックス
- 1 1 2 高周波電源
- 1 1 3 被処理体
- 1 1 4 サセプタ
- 1 1 5 反応チャンバー

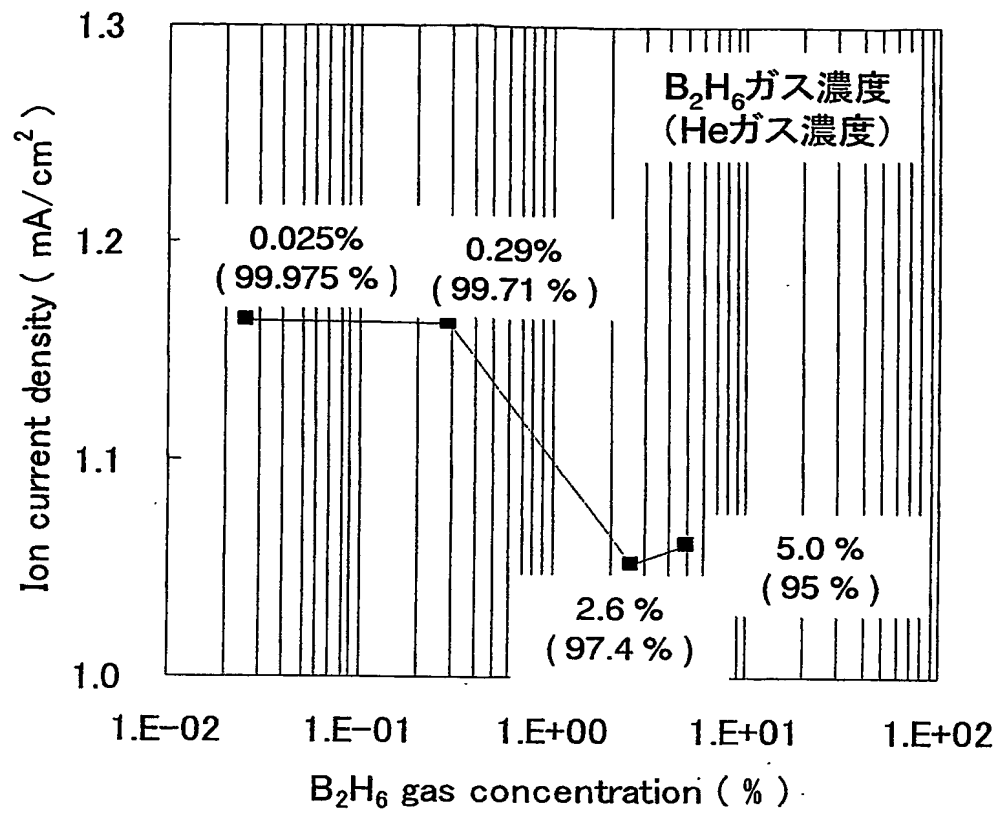
【書類名】

図面

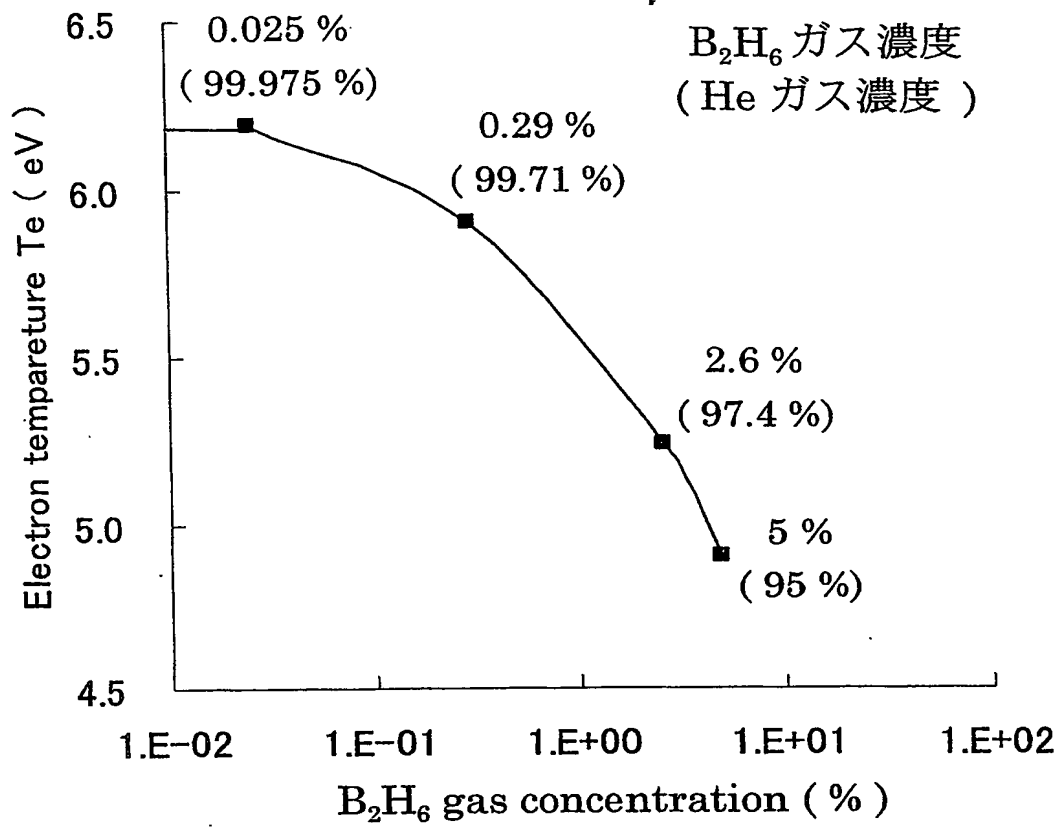
【図 1】



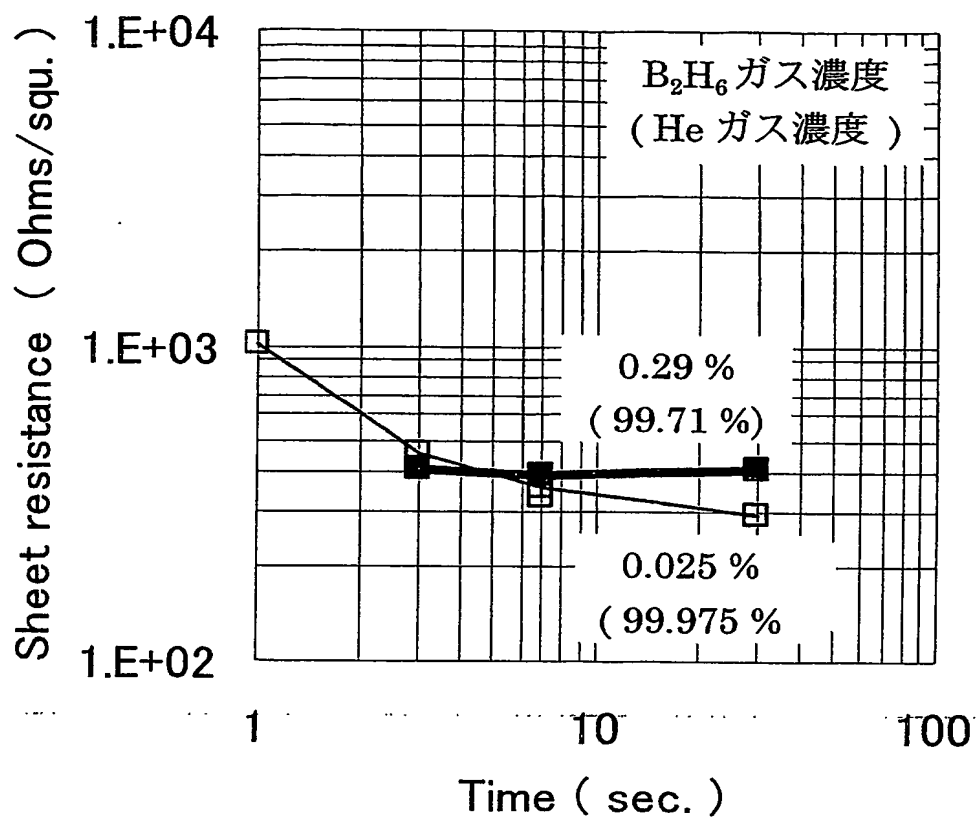
【図 2】



【図 3】

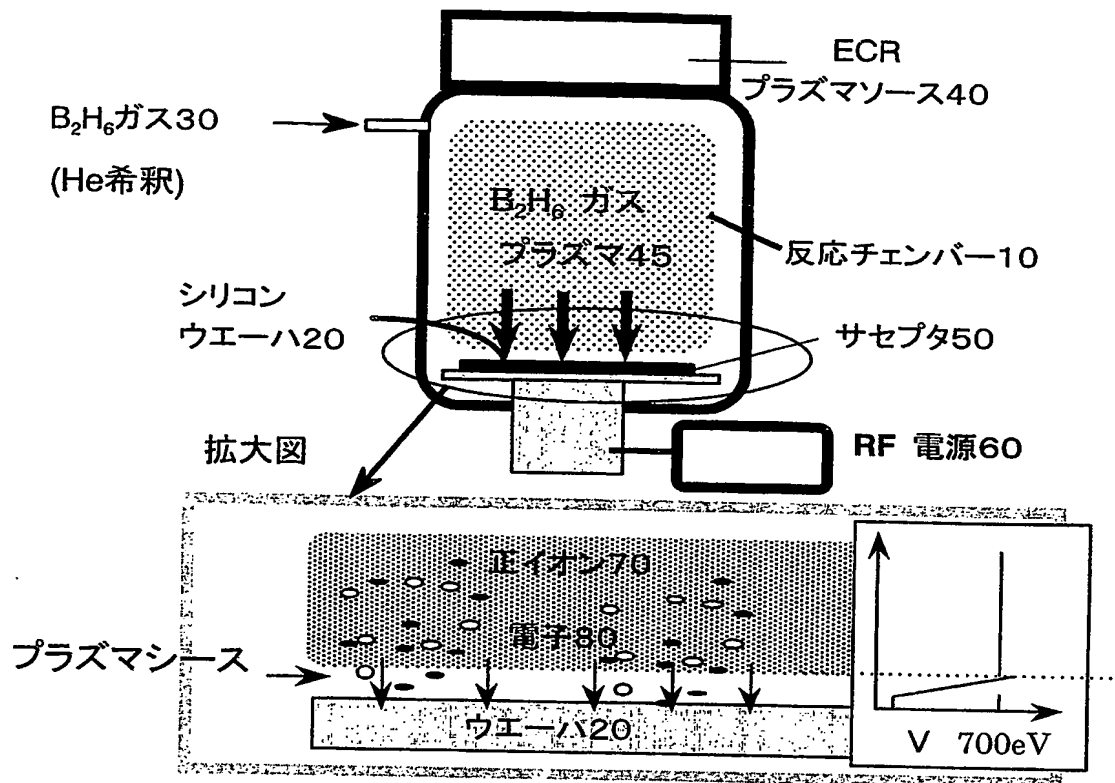


【図 4】





【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 人体に対して極めて危険性の高い毒性をもつ  $B_2H_6$  をできるだけ希釈して安全性を高め、ドーピング効率を低下させることなく、安定してプラズマの発生や維持を行うことができ、さらにドーパント注入量の制御を容易に行えるプラズマドーピング方法を提供する。

【解決手段】 ドーピングする不純物を含む物質として  $B_2H_6$  ガスを、電離エネルギーが高い物質として  $He$  を用い、 $B_2H_6$  の濃度が 0.05% 未満であることを特徴とするプラズマドーピング方法とする。ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる事を特徴とするプラズマドーピング方法とする。

【選択図】 図 4

【書類名】 手続補正書  
【提出日】 平成15年11月20日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 特願2002-347177  
【補正をする者】  
    【識別番号】 000005821  
    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100097445  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 岩橋 文雄  
    【電話番号】 03-3434-9471  
【手続補正1】  
    【補正対象書類名】 特許願  
    【補正対象項目名】 発明者  
    【補正方法】 変更  
    【補正の内容】  
        【発明者】  
        【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
        【氏名】 佐々木 雄一朗  
        【発明者】  
        【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
        【氏名】 水野 文二  
        【発明者】  
        【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
        【氏名】 中山 一郎  
        【発明者】  
        【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
        【氏名】 金田 久隆  
        【発明者】  
        【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
        【氏名】 奥村 智洋  
【その他】 本件出願の発明者は、佐々木 雄一朗、水野 文二、中山 一郎、金田 久隆、奥村 智洋の5名ですが、そのうち1名の「佐々木 雄一朗」を特許出願の際に誤って「佐々木 雄一郎」と記載してしまいました。従いまして、誤って記載した「佐々木 雄一郎」を「佐々木 雄一朗」に訂正することを認めてくださるようお願い致します。

特願 2 0 0 2 - 3 4 7 1 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更新月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[ 変更新理由 ]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社